
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

June 2015

EBP 207/2 – Transport Phenomena in Polymers *[Fenomena Pengangkutan Dalam Polimer]*

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this examination paper contains TEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan TIGA soalan di BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **FOUR** questions. Answer **TWO** questions from PART A and **TWO** question from PART B. If a candidate answers more than four questions only the first four questions answered in the answer script would be examined.

*[Arahan: Jawab **EMPAT** soalan. Jawab **DUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]*

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] How does the dynamic viscosity of liquids and gases vary with temperature?

Bagaimanakah kelikatan dinamik cecair dan gas berbeza dengan suhu?

(10 marks/markah)

- [b] Derive a relation for the capillary rise of a liquid between two large parallel plates a distance t apart inserted into the liquid vertically. Take the contact angle to be ϕ .

Terbitkan hubungan untuk kenaikan kapilari suatu cecair di antara dua plat besar selari berjarak t yang dimasukkan ke dalam cecair secara menegak. Ambil sudut sentuhan sebagai ϕ .

(30 marks/markah)

- [c] "Heat transfer processes are utilized in various different ways during thermoplastic and thermoset polymer processing. Nevertheless, all these processes have one ultimate goal, i.e. to assist transformation of polymeric raw material in whatever form (solid or liquid), into a product that is stable in shape."

Discuss the above statement giving emphasis on how heat transfer process operates in polymer processing and support your discussion with the aid of suitable diagram and example.

"Proses pemindahan haba digunakan dalam pelbagai cara semasa pemprosesan polimer termoplastik dan termoset. Walau bagaimanapun, kesemua proses tersebut mempunyai satu matlamat iaitu membantu proses transformasi bahan mentah polimer dalam pelbagai bentuk (pepejal atau cecair) menjadi satu produk yang stabil bentuknya"

Bincangkan pernyataan di atas dengan memberi penekanan tentang bagaimana proses pemindahan haba beroperasi dalam pemprosesan polimer dan sokong perbincangan anda dengan bantuan rajah dan contoh yang sesuai.

(60 marks/markah)

2. [a] Define mass, volume and weight flow rate. How are they related to each other?

Takrifkan kadar aliran jisim, isipadu dan berat. Bagaimana perkaitan mereka di antara satu sama lain?

(20 marks/markah)

- [b] Injection moulding is a manufacturing process for producing parts by injecting polymer material into a mould. As can be seen in Fig. 1, it shows a typical injection moulding system. Establish the energy balance and mechanisms of energy transfer (assume that the process is steady flow).

Pengacuanan suntikan adalah proses pembuatan untuk menghasilkan produk dengan menyuntik bahan polimer ke dalam acuan. Seperti yang dapat dilihat dalam Rajah. 1, ia menunjukkan sistem acuan suntikan biasa. Wujudkan keseimbangan tenaga dan mekanisme pemindahan tenaga (anggap bahawa proses ini adalah aliran mantap).

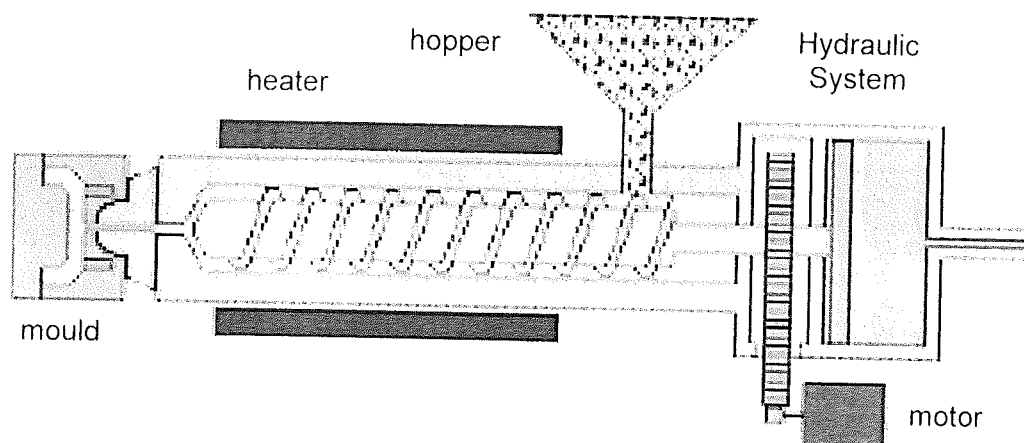


Figure 1. Injection moulding system

Rajah 1. Sistem pengacuanan suntikan

(40 marks/markah)

- [c] In a quench hardening process during extrusion procedure, a plastic rod ($\rho = 950 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 2300 \text{ J/kg.K}$ and $k = 0.63 \text{ W/m.K}$) is heated to a uniform temperature of 200°C and then extruded into a water bath (Fig. 2). The water bath has a uniform temperature of 30°C and convection heat transfer coefficient of $70 \text{ W/m}^2\text{K}$. If the plastic rod has a diameter of 3 mm and a length of 0.5 m , determine the time required to cool a plastic rod from 200°C to 50°C in the water bath.

Dalam proses lindap-kejut pengerasan semasa prosedur pengekstrudan satu rod plastik ($\rho = 950 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 2300 \text{ J/kg.K}$ dan $k = 0.63 \text{ W/m.K}$) dipanaskan pada suhu seragam 200°C dan kemudian diekstrud dalam kolam air (Rajah 2). Kolam air tersebut mempunyai suhu yang seragam iaitu 30°C dan pekali pemindahan haba perolakan $70 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jika rod plastik mempunyai diameter 3 mm dan panjang 0.5 m , tentukan masa yang diperlukan untuk menyejukkan rod plastik daripada 200°C ke 50°C dalam kolam air tersebut.

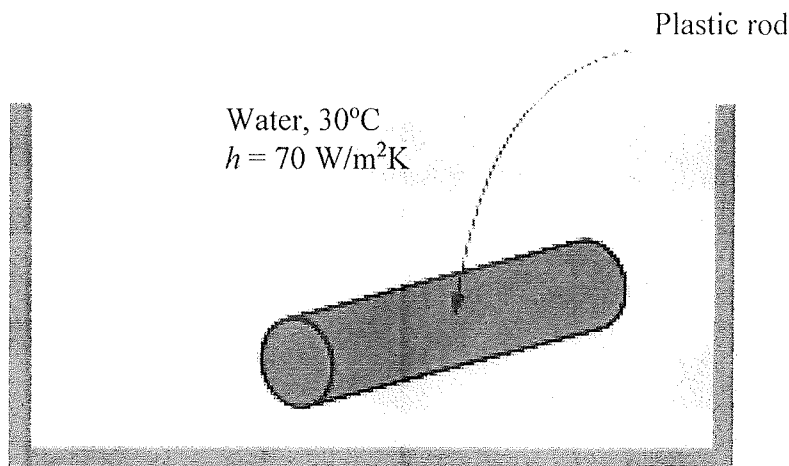


Figure 2. Water bath with plastic rod

Rajah 2. Kolam air dengan rod plastik

(40 marks/markah)

3. [a] What is viscous dissipation? Explain the advantages and disadvantages of having viscous dissipation during polymer processing procedure.

Apakah pelepasan likat? Terangkan kelebihan dan kekurangan pelepasan likat semasa prosedur pemprosesan polimer.

(50 marks/markah)

- [b] Consider steady heat transfer between two large parallel plates at constant temperatures of $T_1 = 300$ K and $T_2 = 200$ K that are $L = 1$ cm apart, as shown in Figure 3. Assuming the surfaces to be black (emissivity = 1); determine the rate of heat transfer between the plates per unit surface area by assuming the gap between the plates is

- (iv) filled with atmospheric air ($K_{\text{air}} = 0.0219$ W/m.K),
- (ii) evacuated,
- (iii) filled with urethane insulation ($K_{\text{urethane}} = 0.026$ W/m.K) and
- (iv) filled with superinsulation that has an apparent thermal conductivity of 0.00002 W/m.K.

Pertimbangkan pemindahan haba mantap antara dua plat selari yang besar pada suhu malar $T_1 = 300$ K dan $T_2 = 200$ K yang $L = 1$ cm, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Dengan mengandaikan permukaan hitam (keberpancaraan = 1), tentukan kadar pemindahan haba antara plat per unit luas permukaan dengan menganggap ruang antara plat adalah

- (i) diisi dengan udara atmosfera ($K_{\text{air}} = 0.0219$ W/m.K),
- (ii) dievakuasi,
- (iii) dipenuhi dengan penebat 'urethane' ($K_{\text{urethane}} = 0.026$ W/m.K) dan
- (iv) diisi dengan 'superinsulation' yang mempunyai kekonduksian haba ketara 0.00002 W / m · K.

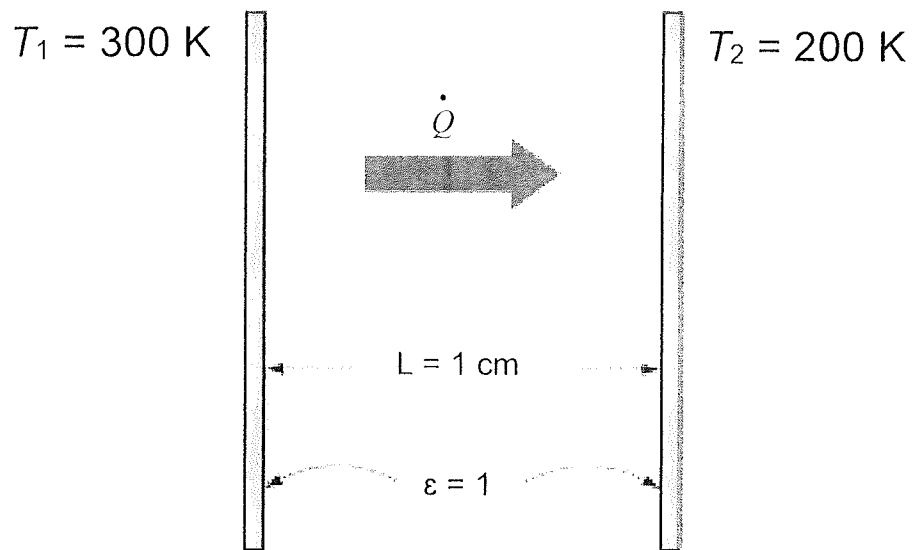


Figure 3. Heat transfer between two plates

Rajah 3. Pemindahan haba di antara dua plat

(50 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] What do you understand by mass transfer? Describe the physical origin of diffusion.

Apakah yang anda faham berkenaan dengan pengangkutan jisim? Terangkan kejadian fizikal peresapan.

(20 marks/markah)

- [b] Derive the mass flux of a penetrant diffusing through a polymer membrane as a function of the penetrant mass fraction. Start with the definition of the mass flux with respect to the mass average velocity.

Terbitkan fluks jisim bagi satu agen penyelinapan yang meresap penyerakan melalui membran polimer sebagai satu fungsi pecahan jisim agen penyelinapan. Mulakan dengan definisi fluks jisim ke atas purata kelajuan jisim.

(40 marks/markah)

- [c] Discuss 3 [THREE] mechanism that involve mass transfer in spinning of fibre with the aid of a suitable diagram.

Bincang 3 [TIGA] mekanisme yang melibatkan pengangkutan jisim dalam pintalan fiber dengan bantuan suatu gambarajah yang bersesuaian.

(40 marks/markah)

5. [a] Explain what is moisture sorption and its relation to diffusion.

Jelaskan apakah penyerapan lembapan dan hubungkaitnya dengan peresapan.

(20 marks/markah)

- [b] Describe all the factors contributing to transport process in polymeric materials. Support your explanations with suitable examples.

Jelaskan faktor-faktor yang menyumbang kepada proses pengangkutan dalam bahan-bahan polimer. Sokong penjelasan anda dengan contoh-contoh yang sesuai.

(30 marks/markah)

- [c] An infinite slab of polypropylene (PP) is exposed to high-pressure nitrogen at time equal to zero. Calculate the exposure time required for the nitrogen concentration at the slab's axis to reach 90% of its equilibrium value. The slab thickness is 0.318 cm, and the diffusivity of nitrogen in PP is $3.87 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ at room temperature.

Satu kepingan polipropilena (PP) tak-terhad telah terdedah kepada tekanan tinggi gas nitrogen pada masa sifar. Kirakan masa pendedahan yang diperlukan untuk kepekatan nitrogen pada paksi kepingan mencecah 90% nilai keseimbangan. Ketebalan kepingan ialah 0.318 cm, dan pekali peresapan nitrogen dalam PP ialah $3.87 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ pada suhu bilik.

(50 marks/markah)

6. [a] Discuss and elaborate the classification of diffusional processes for polymeric materials. Specifically explain based on Case II diffusion in the system of PMMA and methanol with the aid of a suitable diagram.

Bincang dan huraikan pengelasan bagi proses-proses penyebaran bagi bahan polimer. Jelaskan secara spesifik bagi contoh Kes II penyebaran bagi sistem PMMA dan metanol dengan bantuan suatu gambarajah yang bersesuaian.

(40 marks/markah)

[b] To maintain a pressure close to 1 atm, an industrial pipeline containing ammonia gas is vented to ambient air. Venting is achieved by tapping the pipeline and inserting a 3-mm diameter tube, which extends for 20 m into the atmosphere. Given the diffusivity coefficient value of this system is $0.28 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. With the entire system operating at 25°C , determine;

- (i) the mass rate of ammonia gas lost to the atmosphere and
- (ii) the mass rate of the contamination of pipeline with air.
- (iii) What are the mole & mass fractions of air in the pipe when the ammonia flow rate is 5 kg/h?

Bagi memastikan tekanan menghampiri 1 atm, suatu paip yang mengandungi gas ammonia telah disalur keluar ke udara persekitaran. Saluran ini dilakukan dengan memasang dan menyemat suatu tiub berdiameter 3-mm pada paip tersebut dan dipanjangkan sepanjang 20 m ke atmosfera. Diberi nilai koefisien peresapan adalah $0.28 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Dengan keseluruhan sistem beroperasi pada 25°C , kirakan;

- (i) kadar jisim kehilangan gas ammonia ke atmosfera dan,*
- (ii) kadar jisim pencemaran dengan udara di dalam paip.*
- (iii) Apakah pecahan mol dan pecahan jisim bagi udara di dalam paip apabila kadar aliran ammonia adalah 5 kg/h?*

(60 marks/markah)